

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 741 764

(21) N° d'enregistrement national : 95 13945

(51) Int Cl<sup>6</sup> : H 04 L 27/34

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 23.11.95.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 30.05.97 Bulletin 97/22.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule.*

(60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

(71) Demandeur(s) : THOMSON CSF SOCIETE  
ANONYME — FR.

(72) Inventeur(s) : FUCHE LOIC.

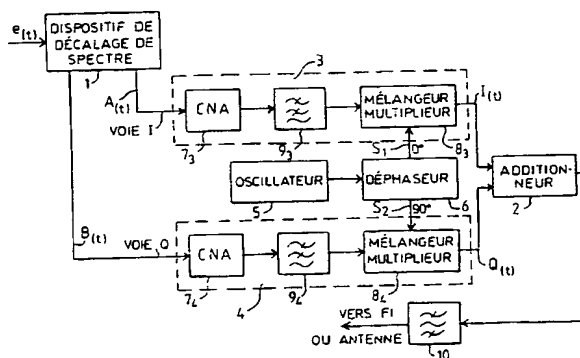
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : THOMSON CSF.

(54) PROCÉDE ET DISPOSITIF POUR L'ELIMINATION DE RESIDUS DE SIGNAL DANS DES MODULATEURS-  
DEMODULATEURS DE SIGNAUX EN QUADRATURE.

(57) Le procédé a pour but d'éliminer les résidus de signal en dehors de la bande de fréquence utile d'émetteurs-récepteurs de signaux radioélectriques utilisant un modulateur-démodulateur de signaux en quadrature composé de deux voies en quadratures (3, 4) et suivant lesquelles le signal basse fréquence à émettre qui est appliqué à l'entrée des deux voies, est mélangé par un signal porteur fourni par un oscillateur local (5). Il consiste à décaler le spectre du signal basse fréquence à transmettre appliqué sur les voies en quadrature et à supprimer par filtrage (10) la bande résiduelle indésirable du spectre du signal obtenu en sortie des deux voies en quadrature par un filtre dont la bande passante est calée sur la bande de fréquence utile de l'émetteur.

Application: Emetteur-récepteur BLU.



FR 2 741 764 - A1



La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour l'élimination de résidus de signal en dehors de la bande de fréquence utile d'émetteurs-récepteurs radioélectriques utilisant des modulateurs-démodulateurs formés de voies en quadrature.

Elle s'applique notamment à la réalisation de modulateurs-démodulateurs pour émetteurs-récepteurs à bande latérale unique.

Classiquement, pour un émetteur utilisant des voies en quadrature, et de manière décrite par exemple dans le livre de M Philip F. Panter ayant pour titre "Modulation, noise, and spectral analysis" pages 192 à 196 publié par McGraw-Hill Book Company (1965) le signal basse fréquence qui est appliqué à l'entrée d'un modulateur composé de deux voies en quadratures, est mélangé à l'intérieur de ces deux voies avec un signal porteur fourni par un oscillateur local pour obtenir un signal modulé dont la fréquence correspond à celle du signal porteur. En recombinaison par exemple dans un circuit additionneur les signaux fournis par les deux voies, le spectre en fréquence du signal modulé qui est obtenu, se compose de deux bandes latérales de fréquence symétriquement disposées de part et d'autre de la fréquence du signal porteur. Dans les réalisations d'émetteurs-récepteurs à bande latérale unique, le signal obtenu à la sortie du modulateur devrait ne comporter qu'une bande si le modulateur était parfait. Un résidu, lié au déséquilibre des voies existe cependant bien que filtré par le filtre passe-bande placé en sortie du modulateur. Dans ces conditions, la distance entre la bande utile et la bande résiduelle est égale à deux fois la fréquence minimum  $F_{\text{mini}}$ . A titre d'exemple, cet écart n'est que de 600 Hz pour des spectres basse fréquence dont la fréquence minimum n'est que de 300 Hz. Ce faible écart en fréquence entre les deux bandes latérales présente un risque, pour un émetteur récepteur trafiquant sur un canal adjacent, d'être brouillé par le signal occupant la bande de fréquence résiduelle.

Le déséquilibre des voies en quadrature des modulateurs d'émission et de réception qui entraîne l'apparition de résidus de signal à l'extérieur de la bande de fréquence utile dans la bande latérale du spectre qui est symétrique de celle de la bande latérale utile par rapport à la fréquence porteuse, est le plus souvent lié à des disparités de gain ou de phase entre voies ou encore à des fluctuations des points de polarisation des différents étages d'amplification composant les voies. Aussi, généralement, l'utilisation de voies en quadratures nécessite dans les émetteurs modernes d'effectuer

des corrections par un traitement numérique du signal qui exige une forte puissance de calcul et qui ne peut malheureusement être appliqué sur un émetteur autre que sur lequel ces corrections sont dédiées.

Le but de l'invention est de pallier les inconvénients précités.

5 A cet effet, l'invention a pour objet, un procédé pour éliminer les résidus de signal en dehors de la bande de fréquence utile d'émetteurs-récepteurs de signaux radioélectriques utilisant un modulateur-démodulateur de signaux en quadrature composé de deux voies en quadratures et suivant lequel le signal basse fréquence à émettre qui est appliqué à l'entrée des  
10 deux voies, est mélangé par un signal porteur fourni par un oscillateur local caractérisé en ce qu'il consiste à décaler le spectre du signal basse fréquence à transmettre appliqué sur les voies en quadrature et à supprimer par filtrage la bande résiduelles indésirable du spectre du signal obtenu en sortie des deux voies en quadrature par un filtre dont la bande passante est  
15 calée sur la bande de fréquence utile de l'émetteur.

L'invention a également pour objet un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé précité.

L'invention a pour avantage qu'elle permet de s'affranchir ou de réduire de façon significative le niveau des résidus de signal en sortie du  
20 modulateur d'émission et de ce fait d'améliorer les performances des modulateurs en quadrature, en particulier, lorsqu'ils sont utilisés dans des émetteurs récepteurs à bande latérale unique. L'utilisation des modulateurs/démodulateurs en quadrature s'en trouve ainsi facilitée, puisqu'il n'y a plus nécessité à équilibrer les voies. Du point de vue algorithmie, le  
25 procédé selon l'invention a aussi pour avantage de n'exiger qu'une puissance de calcul qui reste inférieure par rapport à celle qui peut être exigée par un algorithme de correction de déséquilibre de voies classique. D'autre part, le bruit proche de l'oscillateur utilisé pour la transposition de fréquence sur les voies en quadratures n'est plus préjudiciable au signal  
30 utile, en particulier pour les performances en réception du fait que, ce dernier se trouve décalé de la fréquence porteuse. De la sorte les contraintes habituellement rencontrées sur la pureté spectrale des oscillateurs se trouvent être réduites.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront  
35 dans la description qui suit faite en regard des dessins annexés qui représentent :

La figure 1 une représentation spectrale du décalage de la bande résiduelle par rapport à la bande utile obtenu en appliquant le procédé selon l'invention à un procédé de modulation à bande latérale unique.

5 La figure 2 un modulateur pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

Les figures 3A et 3B les spectres en fréquence comparés du signal de modulation obtenu d'une chaîne de modulation à double voies en quadratures selon l'art antérieur d'une part, et selon l'invention, d'autre part.

10 La figure 4 un mode de réalisation d'un dispositif de décalage de spectre.

Le risque de pollution d'un canal adjacent par la bande latérale résiduelle est minimisé selon l'invention en décalant, comme le montre la figure 1, le spectre basse fréquence d'une valeur d'une fréquence de décalage déterminée  $F_d$ . Ce décalage permet d'obtenir une fréquence minimum du spectre basse fréquence égale à :  $F_d + F_{\text{mini}}$ . La distance minimum entre la bande utile et la bande résiduelle devenant égale à :  $2 \times (F_d + F_{\text{mini}})$ , il suffit de choisir une valeur de  $F_d$  telle que le signal de la bande résiduelle soit en dehors de la bande du filtre passe bande de sortie du modulateur et de recaler le spectre final sur le canal de l'émetteur en décalant la fréquence de l'oscillateur en conséquence. Dans ces conditions les résidus, d'une part, de la fréquence, de l'oscillateur qui se trouve à  $F_d$  de la fréquence minimum du filtre passe bande et d'autre part, la bande résiduelle qui est située à  $2 \times F_d$  sont atténués par le filtre passe bande.

20 Pour obtenir ce résultat, le modulateur selon l'invention qui est représenté à la figure 2, comporte un dispositif de décalage de spectre basse fréquence 1 couplé à un circuit additionneur 2 par l'intermédiaire d'une première voie 3 et d'une deuxième voie 4 de modulation d'un signal à fréquence intermédiaire fourni par un oscillateur local 5 au travers d'un circuit déphaseur 6 de voie à  $90^\circ$ . Chacune des voies 3 et 4 se compose d'un convertisseur numérique analogique 7<sub>3</sub> et 7<sub>4</sub> relié à une première entrée d'un circuit multiplieur 8<sub>3</sub> et 8<sub>4</sub> par l'intermédiaire d'un filtre passe bas 9<sub>3</sub> et 9<sub>4</sub>. Le signal obtenu en sortie du circuit additionneur 2 est filtré par un filtre passe bande 10 de la bande latérale utile du signal à transmettre.

35 Suivant cette disposition le signal basse fréquence à transmettre  $e(t)$  est appliqué sous la forme d'un signal numérique à l'entrée du dispositif de décalage de spectre 1 pour être décomposé en deux signaux  $A(t)$  et  $B(t)$  à spectres décalés suivant un écart déterminé de fréquence  $F_d$  de la façon

représentée aux figures 3A et 3B. Ces signaux sont convertis en signaux analogiques par les convertisseurs numérique-analogique 7<sub>3</sub> et 7<sub>4</sub> associés aux filtres 9<sub>3</sub> et 9<sub>4</sub> avant d'être multipliés respectivement par les signaux fournis en sortie du déphaseur 6. La fréquence porteuse des signaux modulés obtenus en sortie des multiplieurs 8<sub>3</sub> et 8<sub>4</sub> correspond à celle de l'oscillateur 5.

Dans le mode de réalisation du dispositif de décalage de spectre qui est représenté à la figure 4, les signaux A(t) et B(t) sont obtenus aux sorties respectives de deux circuits multiplieurs 11 et 12 filtrées par deux filtres numériques 13 et 14. Les circuits multiplieurs 11 et 12 effectuent respectivement la transposition du signal basse fréquence échantillonné e(t) par deux signaux en quadratures de fréquence  $\omega_d/2\pi$  correspondant à la fréquence de décalage du spectre basse fréquence du signal e(t). De la sorte, pour chaque fréquence  $\omega/2\pi$  du spectre du signal e(t) comprise par exemple entre 300 et 3000 Hz, le résultat des multiplications est composé d'échantillons de signaux vérifiant les relations :

$$A'(t) = \cos \omega_d t \times \cos \omega t \quad \text{et} \quad B'(t) = \cos \omega_d t \times \sin \omega t$$

$$\text{soit encore les relations : } A'(t) = 1/2 \cos(\omega_d - \omega)t + 1/2 \cos(\omega_d + \omega)t \quad \text{et}$$

$$B'(t) = 1/2 \sin(\omega_d - \omega)t + 1/2 \sin(\omega_d + \omega)t.$$

Les filtrages numériques qui sont exercés par les filtres 13 et 14 permettent d'obtenir des signaux A(t) et B(t) vérifiant les relations  $A(t) = K \cos(\omega_d + \omega)t$  et  $B(t) = K \sin(\omega_d + \omega)t$  en éliminant les fréquences basses en  $(\omega_d - \omega)/2\pi$ .

En appelant  $\omega_p$  la pulsation de l'oscillateur 5, ce qui précède permet d'établir en sortie des circuits multiplieurs 8<sub>3</sub> et 8<sub>4</sub> de la figure 1 des signaux I(t) et Q(t) vérifiant les relations:

$$I(t) = A(t) \times \cos(\omega_p t) \quad \text{et} \quad Q(t) = B(t) \times \sin(\omega_p t) \quad \text{soit encore}$$

$$I(t) = K/2 (\cos(\omega_p - \omega_d - \omega)t + \cos(\omega_p + \omega_d + \omega)t)$$

$$Q(t) = K/2 (\cos(\omega_p - \omega_d - \omega)t - \cos(\omega_p + \omega_d + \omega)t)$$

dont la somme par l'additionneur 2 vaut

$$S_t = K \cos(\omega_p - \omega_d - \omega)t.$$

A titre d'exemple, en prenant pour fréquence porteuse de l'oscillateur 5 la valeur 100,02 MHz, un spectre basse fréquence F compris dans l'intervalle 300, 3 000 Hz, une fréquence de décalage  $f_d = 20$  KHz, le signal utile S(t) obtenu a la caractéristique d'un signal à bande latérale unique inférieure défini par la relation

$$S(t) = K \cos(2\pi 100 \text{ MHz} - \omega)t.$$

et le résidu du signal sur l'autre bande est rejeté à une distance  $2F_d + F$  min de la première bande soit à 40,6 KHz de celle-ci au lieu de seulement

600 Hz s'il n'y avait pas eu de décalage du signal BF. On note aussi dans ces conditions que la fréquence fictive de l'onde porteuse n'est pas de 100,02 MHz mais de 100 MHz.

5 Pour le cas, où il serait nécessaire de transmettre la bande supérieure du signal à bande latérale unique des calculs similaires aux précédents sont alors à effectuer, en changeant par exemple la valeur de  $Q(t)$  définie précédemment par son opposée et en prenant pour valeur de la fréquence de l'oscillateur 5,  $F_p = 99,98$  MHz.

10 En réception le signal transmis par le filtre 10 est appliqué de la manière représentée à la figure 5 sur les entrées respectives d'un démodulateur comportant deux voies en quadratures. Chacune comprend un circuit mélangeur de fréquence  $15_1$  et  $15_2$  couplés à un convertisseur analogique numérique  $16_1$  et  $16_2$  par l'intermédiaire d'un filtre numérique passe bas  $17_1$  et  $17_2$ . La mise en quadrature du signal reçu est assuré de  
15 façon connue par un signal fourni par un oscillateur appliqué respectivement sur une entrée de mélange des circuit mélangeurs  $15_1$  et  $15_2$ . Un circuit additionneur 18 additionne les signaux obtenus en sortie des deux convertisseurs analogiques numériques 16 et le signal résultant est appliqué à l'entrée d'un filtre numérique 19 pour éliminer un des deux spectres  
20 résultant des mélanges des signaux entre les deux voies et le spectre indésirable lié au déséquilibre entre les deux voies.

Naturellement l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation qui vient d'être décrit, on pourra notamment utiliser des processeurs de traitement de signal convenablement programmés ou encore des étages  
25 mélangeurs et filtres entièrement analogiques pour effectuer le décalage du spectre en fréquence à l'entrée des voies de transposition 3 et 4 de la figure 2.

## REVENDECATIONS

1. Procédé pour éliminer les résidus de signal en dehors de la bande de fréquence utile d'émetteurs-récepteurs de signaux radioélectriques utilisant un modulateur-démodulateur de signaux en quadrature composé de deux voies en quadratures (3, 4) et suivant lequel le signal basse fréquence à émettre qui est appliqué à l'entrée des deux voies, est mélangé par un signal porteur fourni par un oscillateur local (5), caractérisé en ce qu'il consiste à décaler le spectre du signal basse fréquence à transmettre appliqué sur les voies en quadrature et à supprimer par filtrage (10) la bande résiduelle indésirable du spectre du signal obtenu en sortie des deux voies en quadrature par un filtre dont la bande passante est calée sur la bande de fréquence utile de l'émetteur.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le décalage en fréquence du spectre du signal basse fréquence a lieu sur chacune des voies par transposition en numérique de la fréquence du signal basse fréquence par deux signaux de même fréquence ( $F_d$ ) échantillonnés en quadrature.

3. Dispositif pour éliminer les résidus de signal en dehors de la bande de fréquence utile d'un émetteur de signaux radioélectriques utilisant un modulateur de signaux en quadrature comprenant deux voies de transposition en quadrature (3, 4) pour transposer un signal basse fréquence à transmettre sur la fréquence d'un signal porteur et un filtre passe bande (10) couplé en sortie des deux voies de transposition (3, 4) pour filtrer une des deux bandes latérales du signal résultant de la transposition, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif de décalage du spectre (1) du signal basse fréquence à transmettre couplé à l'entrée des deux voies (3, 4).

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que le dispositif de décalage de spectre comporte un ensemble de deux voies (11, 13 ; 12, 14) de transposition de fréquence en quadrature, la fréquence de transposition étant égale à la fréquence de décalage ( $F_d$ ) du spectre basse fréquence.

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que chacune des voies de transposition du dispositif de décalage de spectre (1) comprend un circuit multiplieur (11 et 12) couplé à un filtre numérique (13, 14) pour effectuer une transposition en numérique du signal basse fréquence sur la fréquence de décalage.

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que chaque filtre numérique (13, 14) du dispositif de décalage de spectre est couplé à un convertisseur numérique analogique (7<sub>3</sub>, 7<sub>4</sub>) d'une voie de transposition (3, 4) du modulateur pour transposer le signal basse fréquence obtenu en sortie du filtre numérique (13, 14) sur la fréquence du signal porteur.



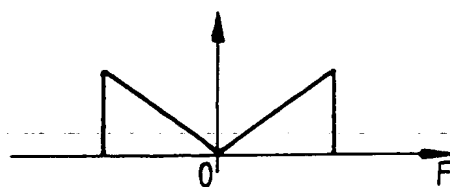
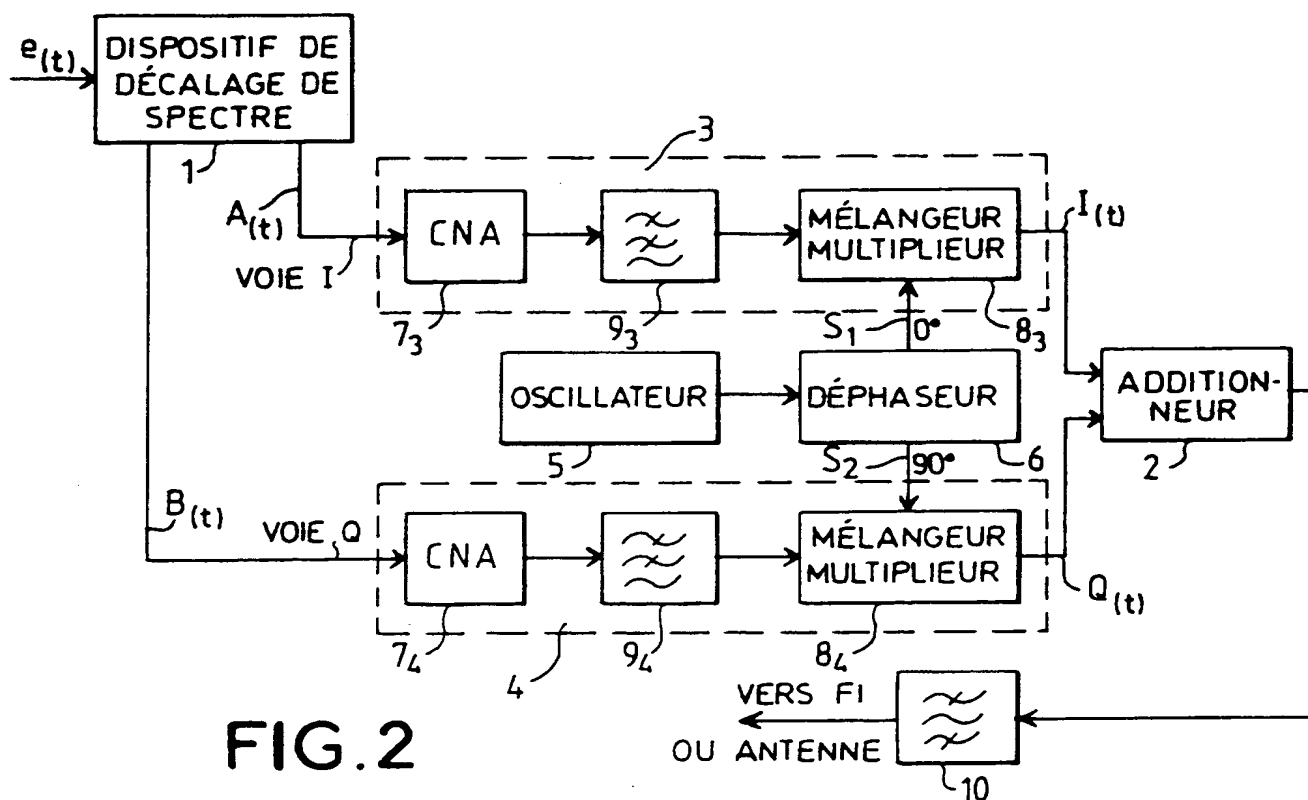
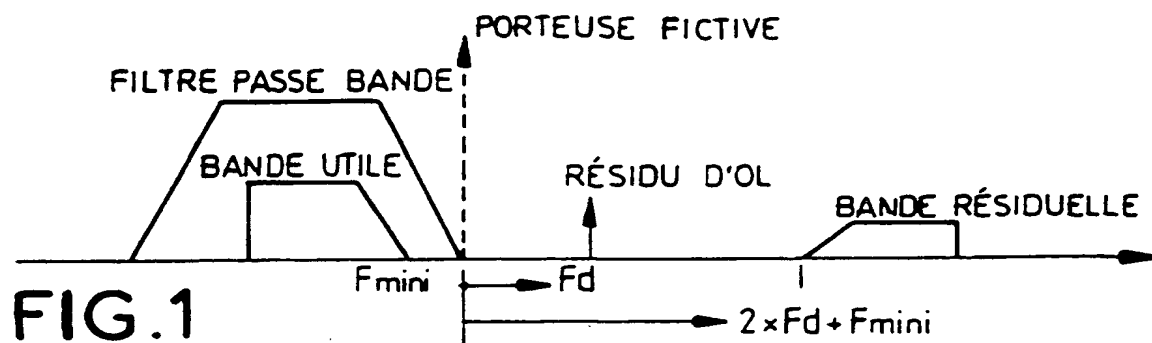


FIG. 3A

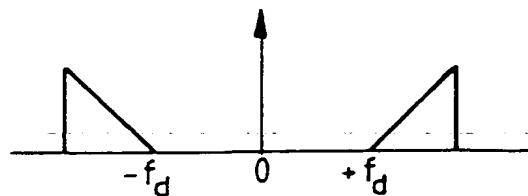


FIG. 3B

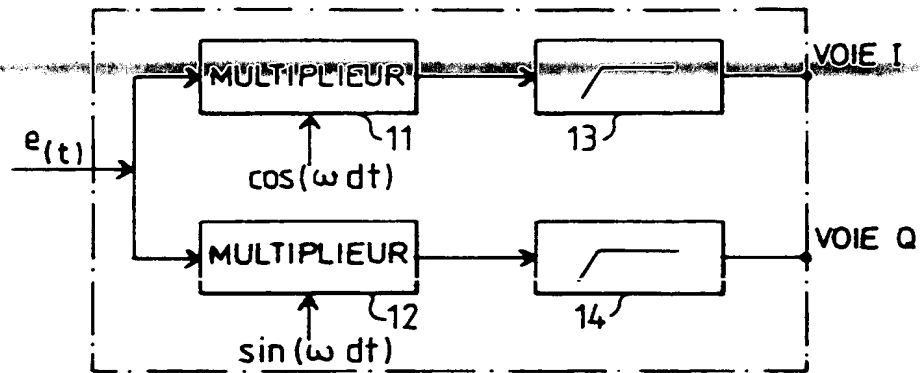


FIG. 4

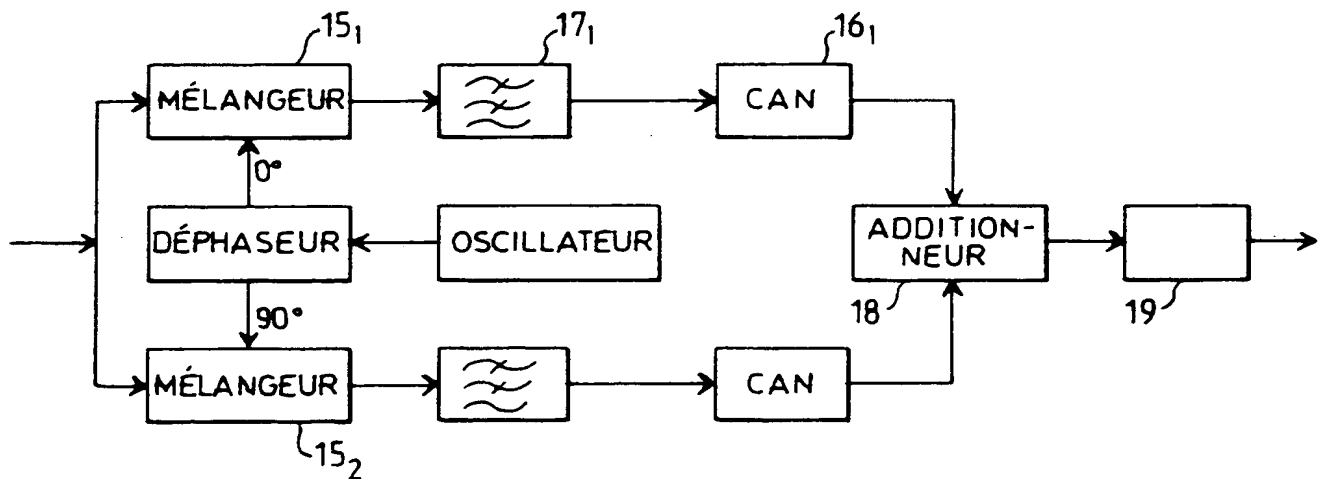


FIG. 5

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	US-A-5 115 468 (ASAHI NOBUMITSU ET AL) 19 Mai 1992 * abrégé; figures 2,3 *	1-6
A	US-A-5 446 423 (BIENZ RICHARD A ET AL) 29 Août 1995 * colonne 2, ligne 35 - colonne 4, ligne 17 *	1-6
A	EP-A-0 206 402 (PHILIPS ELECTRONIC ASSOCIATED ; PHILIPS NV (NL)) 30 Décembre 1986 * abrégé; figure 1 * * colonne 3, ligne 24 - colonne 5, ligne 11 *	1-6
A	ELECTRONIC DESIGN, vol. 39, no. 11, 13 Juin 1991, CLEVELAND, OH, US, pages 89-91, 93, 96, XP000236889 GROSHONG R ET AL: "EXPLOIT DIGITAL ADVANTAGES IN AN SSB RECEIVER" * page 89, colonne 3, alinéa 2 - page 90, colonne 3, alinéa 1; figures 1,4,5 *	1,3
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		H04B H03C H03D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
27 Septembre 1996		Andersen, J.G.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
<p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>I : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 03.92 (P04C13)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

---